

# 岡山県の水稲との二毛作において二条大麦の安定多収生産を実現する効率的な耕起・播種体系

河田 員宏・大久保 和男

Efficient Tillage and Seeding System to Achieve Stable and High Yield Barley Production  
in Double-Cropping with Paddy Rice in Okayama Prefecture

Kazuhiro Kawata and Kazuo Okubo

## 緒言

2013年12月に政府が公表した「農林水産業・地域の活力創造プラン」における米政策の見直しにより、2018年産から行政による生産数量目標の配分が廃止された。そのため、水田フル活用による所得向上のための環境整備を進めることが極めて重要であり、麦は水田農業の経営安定を図る上で欠かすことのできない重要品目として位置づけられている（農林水産省、2015）。

二条大麦を含む麦類は、収量の年次変動が水稲に比べて大きく、安定多収を得るのが困難な作目とされる（木村・田中丸、1999）。二条大麦の主な減収要因は土壌の酸性害（小柳ら、2012）、土壌の過湿による湿害（池田ら、1957；桐山・田谷、1975；小柳ら、2012；武田、1986）及びオオムギ縞萎縮病（伊達ら、1995；山口ら、2002；渡辺ら、1995）である。酸性害は土壌改良資材による酸度矯正（小柳ら、2012）、オオムギ縞萎縮病は抵抗性品種の作付けによって効果的な対策が可能である（伊達ら、1995）。一方、湿害は、土壌の排水対策を強化する以外に有効な対策はない。生育期間における多降雨は、二条大麦の収量に影響を及ぼし（浜地・吉田、1989；木村・田中丸、1999；松江ら、2000；山本ら、1999）、特に11月、4月及び5月の降水量が多いと収量が低下することから（浜地・吉田、1989；木村・田中丸、1999；松江ら、2000）、麦作における排水対策の重要性が指摘されている（浜地・吉田、1989）。

岡山県産麦の生産に関しては、実需者から品質向上や安定生産が望まれているものの、農業者の高齢化や担い手の不足により、耕作放棄地が増加するなど、持続可能な生産体制が危ぶまれている（岡山県良質麦生産振興推進協議会、2015）。岡山県産麦のうち、岡山県南部を中心に栽培されている二条大麦は、11月中旬から下旬が播種適期である（大久保ら、2017）。しかし、県南部では、水稲作での入水時期が6月初旬と遅いため、県南部向けの水稲奨励品種である「アケボノ」、朝日、雄町などの晩生品種を移植栽培する大規模水田作経営体が多い。そのため、10月末以降となる水稲収穫後から麦作の準備を始めざるを得ず、近年の天候不順条件下では播種の終わりが12月末になることも珍しくない。遅播きした麦は生育が遅れ、十分な生育量が確保できないため、単収や品質の低下に繋がっている例も多い（岡山県良質麦生産振興推進協議会、2015）。

そこで、本報告では、播種遅延による減収や品質低下の課題を打開するため、まず、岡山県における二条大麦の単収に対する気象要素の影響を検討し、次に、県南部の大規模水田作経営体を対象に、麦作における経営管理手法を整理・分析し、規模拡大と安定多収が可能となる栽培技術体系、運営手法の提示を図った。

## 調査及び試験方法

### 1. 岡山県の二条大麦における気象要素と収量の資料解析

#### (1) 使用データ

岡山県の二条大麦の単収（県平均値）については、農林水産省の作況調査（水陸稲、麦類、豆類、かんしょ、飼料作物、工芸農作物）の長期累年データ（昭和33年～平成24年）（農林水産省、2020a）及び確報データ（平成25年～令和元年）（農林水産省、2020b）を用い、1957～2018年播種作の62年間の単収とした。当該年次の月別気象要素は気象庁ホームページの各種データ・資料の過去の気象データ・ダウンロードの岡山観測地のデータ（気象庁、2020）を用いた。気象要素は、日平均気温の月別平均値（以下、平均気温）、月別日照時間（以下、日照時間）および月別降水量（以下、降水量）とした。また、岡山県の二条大麦は概ね6月上旬に収穫されるため、大麦の生育・収量に対する影響は小さいと考えられる6月の気象要素は用いなかった。

図1に、1957～2018年播種作の62年間の麦作期間の気象要素（気温は11月から5月の月別平均値の平均値、日照時間と降水量は11月から5月の積算値）と二条大麦の単収の経年変動を大まかに示した。麦作期間の平均気温は、1980年までは8℃以上10℃未満だが、1981年以降は9℃以上12℃未満であった。日照時間は、低日照年が1,052時間で、高日照年が1,367時間であった。降水量は、少雨年では約300 mm、多雨年では約700 mmであった。単収は、1970年代までは79 kgから362 kg（平均293 kg）と少なく、1980年代以降は268 kgから501 kg（平均385 kg）と多かった。

## (2)解析方法

11月から翌年5月までの月別気象要素を説明変数とし、収量を目的変数とした重回帰分析を行った。

1970年代までは、‘アサヒ19号’、‘晩生ゴールデンメロン’、‘交A’、‘さつき二条’、‘成城17号’、‘ダイセンゴールド’の品種が主に作付けされ、1981年以降は、‘あまぎ二条’、‘きぬゆたか’、‘アサカゴールド’、‘おうみゆたか’、‘ミハルゴールド’、‘スカイゴールデン’の品種が主に作付けられている（岡山県、2013）ことから、単収に対する新品種への転換の効果が大きい（馬場ら、1998）と考え、1957年から1980年までの前期と1981年から2018年までの後期に分けて解析を行った。便宜上、‘アサヒ19号’から‘ダイセンゴールド’までの前者を旧品種、‘あまぎ二条’から‘スカイゴールデン’までの後者を新品種とし、新旧品種の別として、前期には「0」、後期には「1」のダミー変数を与え、説明変数に加えた。気象要素は、平均気温では平均値を、日照時間、降水量ではそれぞれの積算値を用いた。重回帰分析には統計ソフトIBM SPSS Statistics 26（日本IBM（株））を用いた。変数の選択法はステップワイズ法とし、変数選

択のためのF値確率は投入で0.05、除去では0.10とした。

## 2. 県南部の大規模水田作経営体における麦作の作業別実施内容の把握

大規模水田作A～Iの9経営体（経営耕地20 ha以上、麦作10 ha以上）を対象（表1）として2016～2018年度に、麦作を中心とした経営概要（粗収益を含む）や麦作の特徴（水稲の中干しから収穫までの作業体系と麦作の作業体系、導入機械とその使用方法、麦の種類と水稲の作型）、安定多収に向けての工夫や注意点等の聞き取り調査を実施し、各項目を一覧表にまとめて分析した。

これらの聞き取り結果において、水稲作中の明渠施工を行っている経営体が存在したことから、本作業の効果確認を行った。2017年の水稲作期間中に、農業研究所（赤磐市）内の、一筆75～120 aの大区画実験農場6圃場を用いて行った。6圃場のうち3圃場に水田溝切機（MKF-306、（株）丸山製作所）を用いて10 m間隔に明渠を施工し、排水口につなげた。施工時期は2圃場が8月1日及び2日（中干し前）、1圃場が10月2日（落水直前）であった。落水後10日間程度表面排水の良否を観察するとともに、10月30日と11月9日（いずれもサブソイラ施工前、耕起前）に各圃場の対角線上5か所で作土（深さ15 cmまで）を採取し、絶乾法により含水率と含水比を算出した。

## 3. 県南部の大規模水田作経営体（麦作）において高収量を目指すために優先される作業の把握

上述の大規模水田作9経営体を対象として、各経営体における平均単収、最高収量・最低収量圃場の単収と麦作作業（稲わら処理、弾丸暗渠、酸度矯正、耕起、碎土・整地、施肥、適期播種（11月中～下旬）、除草、明渠、踏圧、防除、本暗渠、収穫）で高収量を目指すために優先している作業を1～5位まで聞き取り、1位を5点、2位を4点、3位を3点、4位を2点、5位を1点として集計し、順位付けをした。播種については、収量を安定させるために生育量を確保しやすい期間に播種することが重要と考え、適期播種（11月中～下旬）という項目とした。なお、回答のなかった稲わら処理、耕起、防除、収穫は除いた。分析は高収量圃場の単収が中央値以上の5経営体を高収量経営体、中央値未満の4経営体を低収量経営体に分類し、2群を比較した。

## 4. パラソイラー耕の有無による麦作の生育と収量の検討

前項までの聞き取りにおいてD経営体では、高速作業が可能で作土を膨軟化することで圃場の排水強化に有効と思われるパラソイラー耕を導入していた。D経営体の麦作作業における播種前の作業工程を以下に示

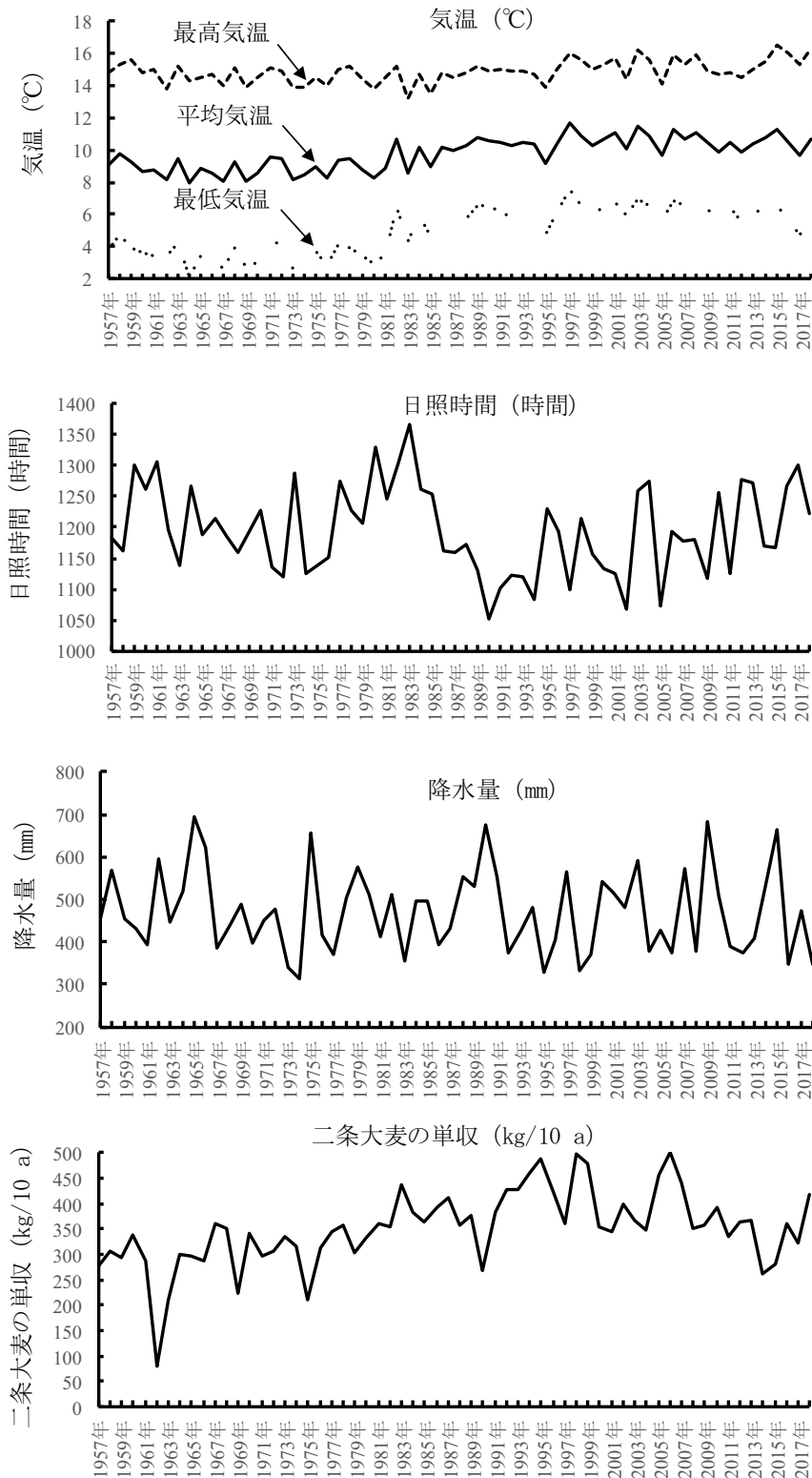


図1 1957年から2018年播種作の62年間の気象要素と二条大麦の単収の経年変動<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>気温は当年11月から翌年5月までの平均値, 日照時間と降水量は当年11月から翌年5月までの積算値

表1 調査した大規模水田作経営体の概要<sup>2</sup>

経営体 (市町村)	経営 耕地 (ha)	作目及び作付面積 (ha)	作業受託 (ha)	労働力 (人)
A法人 (岡山市南区)	55	主食用米3.8, 酒米36.2 麦40	収穫4, 乾燥・調製3	家族4, 常時雇用1, 臨時雇用6
B (岡山市南区)	60	主食用米5, 酒米45, 麦30, 白大豆1	田植1, 収穫3, 乾 燥・調製8	家族2, 常時雇用2, 臨時雇用15
C法人 (岡山市南区)	34	主食用米2.5, 酒米31.5, 麦 34	—	家族2, 臨時雇用2
D法人 (岡山市南区)	38	主食用米3, 酒米35, 麦20	育苗3, 田植3	家族2, 臨時雇用2
E (玉野市)	20	主食用米6, 酒米5, 飼料用 米3, 麦15	—	家族2, 臨時雇用3
F (岡山市南区)	30	主食用米7, 酒米3, 飼料用 米10, 麦11	全作業受託1.5	家族2, 常時雇用2
G法人 (岡山市東区)	61	主食用米30, 酒米16, 飼料 用米15, 麦11	全作業受託3, 収穫 1, 乾燥・調製25	家族2, 臨時雇用2
H法人 (岡山市東区)	78.5	主食用米37.6, 酒米6.4, 加 工用米21.6, 飼料用米 12.7, 麦21.9	田植2.7, 乾燥・調製 9.4	家族3, 常時雇用2, 臨時雇用7
I法人 (岡山市南区)	140	主食用米10.6, 酒米90, 加 工用米20, 麦60	田植5, 収穫10, 乾 燥・調製15	家族3, 常時雇用10, 臨時雇用12

<sup>2</sup>聞き取り調査結果より作成. 表3, 4, 6, 7, 図2~4まで同様

す. ①2017年11月初旬に稲わら集草・焼却, ②11月20日までにモミサブロー (ナイフで形成した溝に初殻を充填する作業機, SPF31KP, スガノ農機 (株)) を本暗渠に対し45度の方向に深度20 cm, 約20 m間隔で施工, ③11月20日までにサブソイラ (S28-1S, ニプロ松山 (株)) を本暗渠に対し90度の方向に深度20 cm, 約5 mの間隔で施工, ④11月25日までにパラソイラー (くの字型ナイフにより土壌を反転せずに膨軟にする作業機, LPS400K, ニプロ松山 (株)) を本暗渠に対し90度の方向に深度20 cmで全面に施工.

本項では, D経営体の圃場においてパラソイラー耕の有無が麦作の生育と収量に及ぼす影響を検討した.

#### (1)試験圃場および供試品種

2017年播種作の麦作について, D経営体が管理する, 岡山市南区藤田地区の'スカイゴールデン'栽培圃場Aおよび圃場Bを調査した. 圃場Aは面積が75 aで, 前作は酒米品種'雄町'である. 聞き取りによると圃場排水は良好で麦が作りやすい圃場である. 圃場Bは面積50 aで, 前作は酒米品種'雄町'だが, 2014年まではレンコンを作付けしており, 2015年と2016年の夏季まで休耕 (放置) し, 2016年の秋季に草刈りを実施し, 冬季には本暗渠を30 cm深で施工した. 2017年夏季に乾田直播栽培により酒米品種'雄町'を栽培した. 圃場Bは元レンコン田のため, かなりの深さまで緻密な土壌の層が形成され

ており, 聞き取りでも排水は良くないと回答された.

#### (2)試験区設定

##### 1)パラソイラー耕区 (圃場B)

D経営体の麦作作業における播種前の作業工程に示したモミサブロー, サブソイラ, パラソイラー施工後, 11月28日に逆転ロータリで耕耘同時播種した. 耕耘同時播種に用いた装備は, ハーフクローラ型トラクタ (SL60, (株)クボタ社), 逆転ロータリ (APU1601H-OS, ニプロ松山 (株)) 及び播種機 (SEO-1610SG, 条間16 cm, 10条播き, サン機工 (株)) であった.

##### 2)慣行区 (圃場A)

D経営体の麦作作業における播種前の作業工程に示したモミサブロー, サブソイラ施工後, 11月26日に逆転ロータリで耕耘同時播種した. 耕耘同時播種に用いた装備は1) パラソイラー耕区と同じである.

#### (3)耕種概要

両区ともに播種量設定は1 kg/aとし, 基肥は無施用で, 追肥を1月末に粒状尿素 (N=1 kg/a) を上振り, 実肥として4月末に尿素 (N=0.3 kg/a) を葉面散布した.

#### (4)調査内容

各試験区において, 圃場の対角線上に3か所の調査か所を設け, 生育 (苗立数, 稈長, 穂長, 穂数) 調査を行うと共に, 調査か所につき3 m<sup>2</sup>を刈り取り, 収量 {全重, わら重, 粗麦重, 整粒 (粒厚2.5 mm以上) 重, 千



粒重、整粒歩合<sup>1)</sup>を調査した。

## 5. 麦作の安定多収生産を実現する効率的な耕起・播種体系の作業時間、播種可能面積、減価償却費の試算

麦作体系の作業時間は岡山県農業経営指導指標（以下、指導指標）（岡山県農林水産部，2016）の標準作業能率基準表と機械速度（カタログ値）より試算した。

指導指標から二条大麦の播種時期を11月中旬から12月上旬と仮定し、作業可能日数は、指導指標の地帯別の屋外作業可能率から、23日と算出した。これにこの時期（農繁期）の1日当たり労働時間を10時間と仮定し、作業可能時間を230時間とした。そして、施肥播種の実作業率を、指導指標（オペレーター2人、圃場の分散大）から7割と仮定すると、この期間の圃場内の機械の実稼働時間は161時間となる。これを基に各作業体系の播種可能面積を試算した。

新たな作業機の取得価格は、ニプロ松山（株）の希望小売価格表（2020年11月確認）に準じて積算した。減価償却費は、新たな作業機の取得価格を指導指標の資本装備に加え、増加可能な麦作の面積を前提の経営面積に加えて試算した。

## 結果及び考察

### 1. 岡山県の二条大麦における気象要素と収量の資料解析

重回帰分析の結果を表2に示した。重回帰モデルに採用された変数は、新旧品種の別、4月の降水量、4月の平均気温、11月の降水量であった。重相関係数は $R=0.758$  ( $p<0.001$ ) であり、定数、偏回帰係数はすべて有意であった。気象要素の偏回帰係数はいずれも負の値であった。気象要素の標準偏回帰係数の大きさから、単収への寄与は4月の降水量、4月の平均気温、11月の降水量の順に大きいと考えられた。

多様な気象要素のうち、4月と11月の降水量が変数として採用されたことは注目すべきである。降雨による

土壌中の過剰な水による植物の被害、すなわち湿害は、発生する生育ステージにより発芽前の種子に対する湿害、種子の発芽および出芽時における湿害と、出芽後の植物体に対する湿害に大別され（武田，1986）、出芽後の植物体に対する湿害は12～3月頃の生育初期に発生する冬季の湿害と3月以降の生育後期に発生する春季の湿害に大別される（吉田，1977）。

岡山県における二条大麦の整粒収量からみた播種適期は11月中旬から下旬であり、早播きや遅播きでは、適期播種よりも減収することが多い（大久保ら，2017）。岡山県南部の水田二毛作麦では、‘アケボノ’、‘朝日’、‘雄町’などの晩生の水稲品種の後に麦を作付けするため、11月に降水量が多いと水稲収穫後の乾田化が遅れ、麦の播種作業が遅れることで、減収する可能性がある（大久保ら，2017）。福岡県の事例では、麦の播種適期前後の断続的な降雨のため、土壌水分の過多の影響により著しい出芽不良となった（山本ら，1999；松江ら，2000）。このような理由から11月の多降雨が減収の要因になると考えられる。

出芽後の植物体に対する湿害については、麦類では節間伸長期と登熟期の被害が著しく（池田ら，1957；桐山・田谷，1975）、冬季の湿害よりも春季の湿害の被害が大きいとされる（吉田，1977）。大麦の節間伸長期の湿害では、穂数（池田ら，1957；桐山・田谷，1975）と一穂粒数の減少（桐山・田谷，1975）、千粒重の低下（池田ら，1957）が生じ、減収する。また、大麦の登熟期の湿害は千粒重を顕著に低下させる（池田ら，1957；桐山・田谷，1975）。岡山県の大麦栽培では3月から4月にかけて節間伸長し、概ね4月中旬に出穂期を迎え、登熟を開始する（竹上，1953）ことから、4月の多降雨は、減収への影響が最も大きいと考えられた。春季の湿害は、地温の上昇に伴う土壌の還元化により土壌中の亜酸化鉄や硫化物などの植物に対して毒性を示す物質の生成が増大することで生じる（山崎，1952）。つまり、春季の湿害は温度に依存すると考えられ、4月の高温は

表2 岡山県の月別気象要素と二条大麦平均反収の重回帰分析の結果

説明変数 <sup>2)</sup>	偏回帰係数	標準偏回帰係数	重相関係数	自由度 調整済み 決定係数
定数(切片)	562.543 ***	—	0.758 ***	0.544
新旧品種の別	91.941 ***	0.607		
4月降水量	-0.521 **	-0.302		
4月平均気温	-13.677 *	-0.240		
11月降水量	-0.421 <sup>y</sup>	-0.199		

<sup>2)</sup> ステップワイズ法により選択された変数

<sup>y)</sup> \*, \*\*, \*\*\* : 5%, 1%, 0.1%水準でそれぞれ有意

湿害を助長し減収を助長すると推察される。なお、4月の平均気温と4月の降水量に相関はなかった ( $r=-0.05$ )。さらに、4月に降水量が多いと、赤かび病などの病害の発生が懸念される(木村・田中, 1999; 山本ら, 1999)ため、品質低下の原因となる。

以上のように、岡山県の二条大麦の単収は、気象要素として4月と11月の多降雨、4月の高温に影響されていると考えられ、圃場の乾田化促進や排水対策強化の必要性が再認識された。

## 2. 県南部の大規模水田作経営体における麦作の作業別実施内容の把握

### (1)大規模水田作経営体の麦作の特徴と経営体による工夫

麦作に関わる水稲作後半の作業、麦作の作業別の実施状況を表3に示す。緒言で述べたように岡山県の麦作では水田をいかに麦の播種適期までに栽培に適する畑状態(除草を含む)に整備できるかが重要な課題であ

る。これには、大規模水田作経営体では9経営体すべてが中干しを行い、9経営体中3経営体が溝切機による明渠施工を行っていた(表3)。なお、水稲作中の溝切機による明渠施工の効果を所内の試験で確認したところ、明渠施工田(溝切り水田)では無施工田(溝切り無水田)よりも落水が遅かったにもかかわらず、土壌含水率及び含水比が無施工田よりも低く(表4)、水稲収穫後の圃場乾田化を促進させるのに有効な作業であると考えられた。

また、麦を作付けていない年には、2~3月に本暗渠の施工を実施している経営体が多い。基肥以外の施肥管理は経営体によって様々な対応がなされており、このことは経営者の考えが、省力化を目的とした被覆肥料施用(A, F, H)、肥料費の削減を目的とした分施肥及び単収向上を目的とした分けつ肥施用(B, C, D, E, I)、子実蛋白質含量の向上を目的とした穂肥、実肥施用(A, B, D, E, F, G, H, I)に分かれているためと考えら

表3 麦作に関わる水稲作後半の作業、麦作の作業別実施状況

作業名	経営体									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
水稲作:										
中干し	○ <sup>z</sup>	○	○	○	○	○	○	○	○	○
明渠(溝切り)		○	○					○		
落水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
収穫, 乾燥・調製	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
麦作:										
土壌診断	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
稲わら処理 <sup>y</sup>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
畔塗		○	○							
弾丸暗渠	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
土壌移動			□							
酸度矯正 <sup>x</sup>	○	○	○	○	○		○			
基肥施用 <sup>w</sup>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
耕起	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
砕土・整地	○	○	○		○	○	○	□	○	○
種子準備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
播種	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
除草剤散布	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
明渠		○						○	○	
分けつ肥施用 <sup>w</sup>		□	□	□	□					○
踏圧			□	□						
圃場均平	△			△	△			△	△	
本暗渠	△	△	△	△	△	△		△	△	
穂肥施用 <sup>w</sup>	○	□			□	○		○	○	
病虫害防除	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
実肥施用 <sup>w</sup>				○			○			
収穫, 乾燥・調製	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

<sup>z</sup>○は毎年実施, □は気象, 圃場, 作物等の状況に応じて実施, △は複数年に1回程度実施, 空欄は未実施

<sup>y</sup>稲わら処理は麦作に必要な作業として麦作中の項目とし, 作業内容は稲わらの焼却や持ち出し, 鋤き込みである。県南部では焼却が多い

<sup>x</sup>酸度矯正には石灰窒素を用いている生産者が多い

<sup>w</sup>A, Fは基肥に被覆肥料を使用していたため分けつ肥, 穂肥, 実肥の散布は実施していない。Hは被覆肥料を使用し, 穂肥も実施していた

表4 水稲作における溝切りの有無が落水時の表面排水と乾田化に及ぼす影響<sup>2</sup>

試験区	作付品種	溝施工 実施日	落水日	収穫日	表面排水 の良否 <sup>3</sup>	10月30日		11月9日	
						含水率	含水比	含水率	含水比
溝切り水田 (n=3)	アケボノ	8月1~2日, 10月2日	9月25日~ 10月2日	10月29日~ 11月8日	良	24.0	31.7	21.6	27.5
溝切り無水田 (n=3)	ヒノヒカリ	—	9月25日~ 9月27日	10月15日~ 10月29日	否	25.2	33.9	24.1	31.7
分散分析 (F検定の危険率)						0.604	0.605	0.025	0.025

<sup>2</sup> 試験は岡山農研の1筆75a~120aの大区画実験農場を用いて2017年に行った。水田溝切機(MKF-306, (株)丸山製作所)を用いて各圃場10m間隔で中干し前(2圃場)と落水直前(1圃場)に明渠施工し,排水口につなげた

<sup>3</sup> 落水時の観察により評価した

れる。

## (2) 麦作の粗収益と麦の種類, 水稲の作型

今回調査を行った大規模水田作経営体では, 交付金を含めた麦作の粗収益が経営全体に占める割合は5~38%で, 20%台の経営体が多かった(表5)。なかでも水稲の乾田直播栽培を導入している大規模水田作経営体G(小麦比率45%), 経営体H(小麦比率92%)では交付金を含めた麦作の粗収益が経営全体に占める割合が低かった。これは5月中に播種する乾田直播栽培を選択する経営体では, 5月下旬から収穫する二条大麦や6月から収穫する小麦の作付けが難しいためと考えられた。

麦作の粗収益を経営全体に活かすための二毛作体系としては, 収穫が早い二条大麦と次作の麦の播種遅延が起きにくい中生水稲の移植栽培との組み合わせが理想である。麦作の粗収益が20%以上を占める経営体は, 全ての経営体が二条大麦または同時期に収穫可能な裸麦を作付けており, さらに水稲の作型では全ての経営体が移植栽培を行っていたが, 水稲品種の中晩生の割合では晩生品種が77%以上であった(表5)。このことから県南部の大規模水田作経営体では収穫期が早い二条大麦, 裸麦と晩生水稲品種の移植栽培の組み合わせがより現実的な選択であると考えられた。

## 3. 県南部の大規模水田作経営体(麦作)において高収量を目指すために優先される作業の把握

### (1) 県南部の大規模水田作経営体における優先順位の高い麦作作業

麦作において, 県南部の大規模水田作経営体が優先する作業については, 1位が弾丸暗渠, 2位が本暗渠であった(図2)。麦作の湿害防止には土壤の排水対策の強化が必須でその手段として弾丸暗渠, 本暗渠が優先的に選ばれたと考えられた。

圃場の排水対策を行う際の作業機は, 一般的にサブソイラが使用されてきたが, 今回の調査では, 表6に示した機能を有する作業機(チゼルプラウ, モミサブロー, パラソイラー, 逆転ロータリ)が使用されていた。その理由としては, 麦作期間, 特に播種時期の天候不順が影響していると考えられた。すなわち, チゼルプラウは作業速度に優れ, 降雨後の土壤の乾燥もロータリよりも優れているため(片山ら, 2018; 高橋ら, 2020), 播種遅延の防止に役立つと考えられた(表6)。ただし, 土の反転により表面に凹凸ができるため, 一般的には播種前に碎土・整地が必要となる。経営体の業者からは, チゼルプラウの作業後の圃場が均平でなくなるため, その後の整地作業の疲労が増すという意見が出た。モミサブローは, 本暗渠につなぐ溝を

表5 経営全体の粗収益に占める麦作粗収益の割合と麦の種類, 水稲の作型・中晩生の割合

項目	経営体										平均
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
粗収益中の麦作粗収益割合 (%)	25	30	28	38	20	23	5	8	24	22	
主な麦の種類 (%)	二条 大麦 (100)	二条 大麦 (100)	二条 大麦 (100)	二条 大麦 (100)	二条 大麦 (100)	二条 大麦 (100)	二条 大麦 (55) ・小麦 (45)	二条 大麦 (8) ・小麦 (92)	二条 大麦 (67) ・裸麦 (33)	—	
主な水稲の作型 (%)	移植 (100)	移植 (100)	移植 (100)	移植 (100)	移植 (100)	移植 (100)	乾直 (70) ・移植 (30)	乾直 (25) ・移植 (75)	移植 (100)	—	
主な水稲の中生品種と 晩生品種の割合 (%)	中生 (0) 晩生 (100)	中生 (10) 晩生 (90)	中生 (15) 晩生 (85)	中生 (0) 晩生 (100)	中生 (0) 晩生 (100)	中生 (14) 晩生 (86)	中生 (18) 晩生 (82)	中生 (32) 晩生 (68)	中生 (23) 晩生 (77)	—	

籾殻で維持するため、特に溝が戻り易い湿田などで有効であると考えられた(表6)。パラソイラーは作業速度に優れ、土を反転させず圃場の全層を膨軟にするため、チゼルプラウのように田面を荒らさずに透排水性が高まり湿害が抑制できると考えられた。また、逆転ロータリによる畦立て同時播種は、未耕起圃場に1工程で播種ができるため、限られた時期に効率的な作業

ができる技術であることや、排水不良圃場において碎土性に優れる技術と考えられた(表6)。

(2)高収量を目指すための優先順位の高い麦作作業とそれら作業の詳細

高収量を目指すための麦作作業において共通して優先順位が高いのは、弾丸暗渠、本暗渠であることは前述した。一方、優先順位の3位となった適期播種は平均

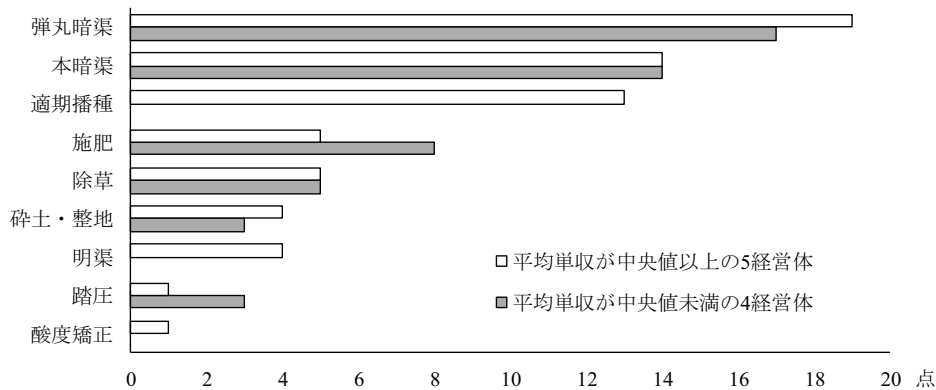


図2 平均単収が中央値以上の5経営体(B, C, D, G, H)と中央値未満の4経営体(A, E, F, I)における麦作の優先順位の高い作業<sup>2</sup>

<sup>2</sup>優先順位1位から5位までの作業を聞き取り、1位:5点、2位:4点、3位:3点、4位:2点、5位:1点として集計した。なお、回答のなかった稲わら処理、耕起、防除、収穫は除いた

表6 排水対策に使用される作業機とその機能

ねらい	作業機 <sup>2</sup>	機能	作業速度(km/hr)
心土破碎	サブソイラ(9経営体)	下層部に形成される耕盤層(不透水層)に亀裂を入れ、団結した心土を破碎・膨軟にし、透・排水性が向上する	2~4
	モミサブロー(3経営体)	ナイフで形成した溝に籾殻を充填する作業機。湿田(シルト質土壌)でも水みちを塞ぐことなく透・排水性が向上する	0.5~1
耕起・進乾田化	チゼルプラウ(4経営体)	チゼル(鑿)と呼ばれる細い鉄の爪を25~30cm間隔で配列し、トラクタでけん引して作土層をひっかくように耕起する作業機。ロータリ耕起のように降雨後に土塊の間隙に保水することが少ないため、ロータリ耕起に比べて乾燥が早まる	4~8
砕土・整地	パラソイラー(1経営体)	土を反転させずに圃場の全層を膨軟にし透排水性が高まり湿害を抑制、サブソイラよりも作業幅が広く牽引抵抗が小さい作業機	2~5
	逆転ロータリ(3経営体)	粗い土塊が下層に、細かい土塊が表層に分布する特徴がある。未耕起圃場に1工程で播種でき、高い砕土と前作残渣等の鋤き込みが可能	1~4

資料:スガノ農機(株)(2020)及びニプロ松山(株)(2020)ホームページより作成

注:慣行の作業体系は、心土破碎にサブソイラ、耕起・乾田化促進、砕土・整地に正転ロータリ、播種に正転ロータリ播種機を使用、作業速度は、正転ロータリが1.4~2km/hr、正転ロータリ播種機が3.5~4km/hr

<sup>2</sup>作業機の括弧内は調査した経営体の導入頻度を示している

表7 平均単収、高収量圃場及び低収量圃場における麦<sup>2</sup>の単収

項目	経営体										中央値
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
単収(kg/10a)	平均収量	325	423	360	430	347	330	350	504	330	350
	高収量圃場	350	475	600	450	420	425	550	600	350	450
	低収量圃場	275	400	300	400	200	335	300	480	300	300

<sup>2</sup>麦の種類は、A~Fは全て二条大麦、G、Hは二条大麦と小麦、Iは二条大麦と裸麦を作付けしている



単収が中央値以上の5経営体（B, C, D, G及びH経営体）（表7, 図2）だけが評価した作業であった。

麦作の平均単収、高収量圃場及び低収量圃場の単収の全てが最も高かった経営体Hでは、水稲作中の明渠施工が77日前で最も早く、麦作中の弾丸暗渠は平均深

度より深い35 cm、耕起に土中の乾燥が早まるチゼルプラウを用い、播種では唯一畦立て播種を行い、他の経営体よりも早く、播種後に順次明渠を設置する等、排水対策が特徴であった（表8）。前述したように、水稲作中の明渠施工効果を所内試験で確認したところ（表

表8 麦作に関わる水稲作後半の主要作業、麦作前中半の主要作業における実施の詳細

作業名	経営体									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	平均
水稲作：										
中干し：										
時期（収穫前日数）	60	45	55	50	75	60	70	77	65	62
回数	2	2	2	1	1	2	1	1	2	1.6
落水：										
時期（収穫前日数）	10	7	7	10	14	10	15	10	10	10.3
収穫：										
時期（始め）	10/10	10/上	10/10	10/10	10/20	9/下	10/5	10/12	10/10	—
麦作：										
稲わら処理 <sup>z</sup> ：										
方法	焼却	焼却	焼却	焼却	焼却	焼却	焼き込み	焼き込み	焼却	—
弾丸暗渠 <sup>y</sup> ：										
時期	11/上	11/上中	11/上中	11/上	11/中	11/上中	—	11/上	10/下	—
回数	1	1	1	2	2	1	—	1	1	1.3
深度（cm）	30	30	30	25	40	40	—	35	28	32.3
酸度矯正：										
時期	耕起同時	耕起後	耕起前	耕起同時	耕起同時	—	耕起前	—	—	—
肥料種類	セルカ	セルカ	ベルカ	ベルカ	ベルカ	—	メインマダ	—	—	—
方法	施肥機	ブロードキャスタ	ブロードキャスタ	施肥機	施肥機	—	ブロードキャスタ	—	—	—
耕起：										
時期	11/上	11/中下	11/中	11/上	11/下	11/下	11/下	10/中	11/上	—
深度（cm）	13	15	12	12.5	12.5	10	35	20	12	15.8
方法	正転ロータリ	正転ロータリ	チゼルプラウ	ハラソイラー	正転ロータリ	正転ロータリ	チゼルプラウ	チゼルプラウ	正転ロータリ	—
碎土・整地：										
時期	11/上	11/中下	12/上	—	11/下	11/下	12/上	10/下	11/中	—
深度（cm）	13	15	12	—	12.5	10	12.5	10	12	12.1
方法	正転ロータリ	正転ロータリ	正転ロータリ	—	正転ロータリ	正転ロータリ	正転ロータリ	バーチカルハロー	正転ロータリ	—
施肥 <sup>x</sup> ：										
方法	基（被覆）	基・分・穂	基・分	基・分・実	基・分・穂	基（被覆）	基・実	基（被覆）・穂	基・分・穂	—
窒素量（kg/10a）	12	10	12.9	14.8	11.2	12	6.7	13.8	16.2	12.2
播種：										
時期（始め）	11/中	11/下	12/中	11/上	12/上	12/上	12/上	11/上	11/下	—
時期（終り）	12/上	12/末	12/末	12/上	12/末	1/上	1/上	11/中	12/上	—
播種量（kg/10a）	14	9.5	11.5	13.5	14	13	10	9	10	11.6
条間（cm）	17	15.0	15.8	16.7	19	22	20	17	18	17.8
深度（cm）	3.5	2.5	3.0	5.0	3.5	4.0	4.5	3.0	5.0	3.8
方法 <sup>w</sup>	正転ロータリ播種 逆転ロータリ播種	正転ロータリ播種 逆転ロータリ播種	正転ロータリ播種	正転ロータリ播種 逆転ロータリ播種	正転ロータリ播種	正転ロータリ播種	正転ロータリ播種	正転ロータリ播種 (畦立て)	正転ロータリ播種	—
除草剤散布 <sup>v</sup> ：										
時期	播種後2週間以内	播種後3日以内	播種後2日	播種後10日以内	播種後2日以内	1/中～下	—	播種直後	11/中、2/上	—
種類	ボクサー+リベレーター	ボクサー+リベレーター	ボクサー+ラウンドアップ	ボクサー+リベレーター	ボクサー+サンブロン	ボクサー+リベレーター	—	リベレーター	ボクサー+リベレーター、ハーモニー	—
方法	乗用管理機	乗用管理機	ブームスプレーヤ	乗用管理機	ブームスプレーヤ	乗用管理機	—	乗用管理機	乗用管理機	—
明渠：										
時期	—	年内	—	—	—	—	—	播種後順次	12/中～3	—
位置	—	外周、低い場所	—	—	—	—	—	圃場内から排水口に連結	外周	—
方法	—	管理機	—	—	—	—	—	溝掘機	溝掘機	—
本暗渠：										
時期（月）	2～3	1/下～3	12/上	2～3	2～3	2～3	—	2/中	2～3	—
疎水材	柳殻	柳殻	柳殻	柳殻	柳殻	柳殻	—	柳殻	柳殻	—
暗渠本数（10a当り本）	0.5	1	0.8	0.5	0.2	0.7	—	0.2	1	0.6
深度（cm）	60	45	60	60	60	55	—	47.5	55	55.3

<sup>z</sup> 稲わら処理で持ち出しを実施している場合、畜産農家がロールにして持ち出すことが多いが、鋤き込むこともある

<sup>y</sup> 弾丸暗渠を2回実施している経営体は播種後発芽の悪い圃場を中心に行っている

<sup>x</sup> 施肥の方法において、基は基肥、基（被覆）は基肥に被覆肥料を使用、分は分けつ肥、穂は穂肥、実は実肥を示している

<sup>w</sup> 播種方法を排水条件の良い圃場では正転ロータリ播種に、悪い圃場では逆転ロータリ播種に使い分けている経営体がある

<sup>v</sup> G経営体は例年、除草を実施しているが、調査年は播種が遅くなり、除草剤散布を行わなかった

4) 水稲収穫後の圃場乾田化を促進させるのに有効な作業であると考えられた。

以上の平均単収の高い経営体における優先作業の状況と前項1で推察された収量に対する影響が大きい気象要素をあわせて考えると、前作の水稲作中を含めた麦作における播種前の排水対策と、11月中旬から下旬の適期播種の重要性が示された。すなわち、平均単収が高い経営体では、前項1において悪影響が大きいと推察された気象条件への対策を実施しているという実態が明らかになった。

**(3)麦作の安定多収生産を実現している大規模水田作経営体の作業体系**

以上から、大規模水田作経営体が麦作の安定多収生産を目指すためには、麦の適期播種が重要であることが示唆された。しかし、前述したように、県南部では水稲の収穫から麦の播種適期までの期間が短いため、適期播種が難しい実態がある。その対応策として、耕起作業の高速化が可能な作業機の導入（D、H経営体）や、砕土・整地を省略でき、確実な施肥・播種作業が可能なモーター駆動方式を搭載した畝立て式播種機（H経営体）や排水不良圃場において砕土性に優れる逆転ロータリと播種機の組合せによる播種（B、D経営体）が行われている（図3）。また、圃場の点在、排水の良否に対応するため、複数班で弾丸暗渠施工や耕起、播

種等を実施し、麦の作付け比率を高めていると考えられた。

**4. パラソイラー耕の有無による麦作の生育と収量の検討**

前述した耕起作業の高速化が可能な作業機（パラソイラー）の導入と、砕土・整地を省略でき、排水不良圃場において、確実な施肥・播種作業が可能な砕土性に優れる逆転ロータリ播種機による播種を行っているD経営体の圃場で、パラソイラー耕の有無による二条大麦‘スカイゴールデン’の生育と収量の検討を行った。

その結果、‘スカイゴールデン’の生育と収量のうち、パラソイラー耕区と慣行区の間で差がみられたのは、苗立数、稈長、穂数、全重、わら重、粗麦重、整粒重、千粒重であり、粗麦重と千粒重以外は排水性が不良と考えられていた圃場Bにパラソイラー耕を行った区が優れた（表9）。苗立数の差異は播種精度に起因するとみられ、パラソイラー耕区の逆転ロータリ播種は、慣行区での逆転ロータリ播種よりも播種床の表面がより均平になり、播種精度向上に寄与すると考えられた。なお、一般的にパラソイラー施工圃場では水稲栽培時の漏水が懸念されるが、本試験ではパラソイラーの耕深を作土層（20 cm）までに留めておりパラソイラーによる耕盤破碎は行っていないので、漏水の危険性は極めて低いと考えられる。

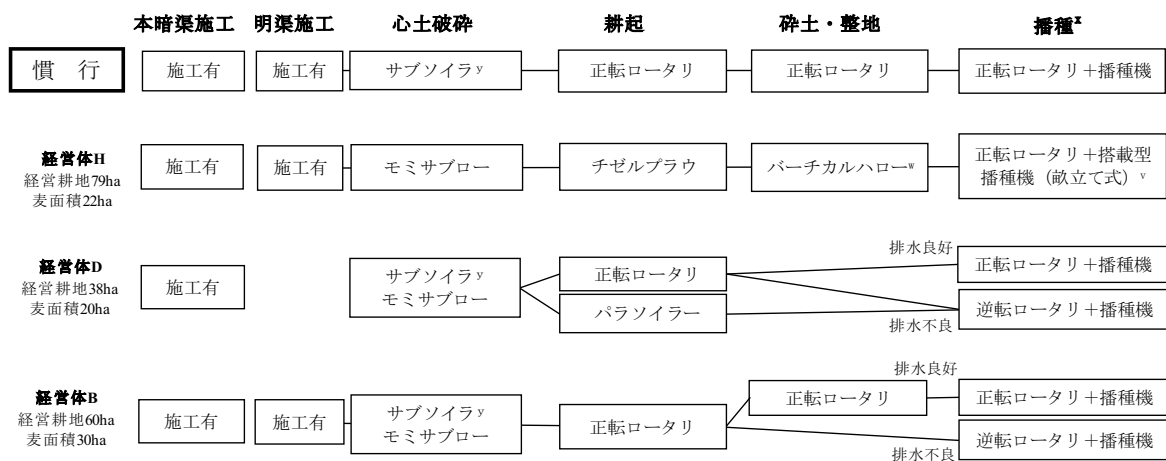


図3 安定多収生産を実現している大規模水田作経営体の麦作の播種までの体系<sup>2</sup>

<sup>2</sup> 平均単収、高収量圃場及び低収量圃場の単収が中央値以上の3経営体が実施している麦作体系。なお、麦作の播種前の稲わら処理、土づくり資材・基肥の散布、種子準備はこの体系から除いている

<sup>3</sup> 心土破碎のサブソイラには砲弾球を付属して使用

<sup>4</sup> 播種時はオペレーター1人、補助1人

<sup>5</sup> ブレードが縦軸回転しながら土塊を砕土し、均平板で砕土された土を均しながらローラで鎮圧する作業機

<sup>6</sup> 湿田でも確実な施肥・播種作業が可能なモーター駆動方式を搭載した畝立て式播種機

表9 ‘スカイゴールデン’の生育と収量

試験区	苗立数 (本/m <sup>2</sup> )	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	全重 (g/m <sup>2</sup> )	粗麦重 (g/m <sup>2</sup> )	整粒重 (g/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)
パラソイラー区 <sup>z</sup>	218.3	84	5.6	608	1157.1	496.3	481.1	46.3	96.9
慣行区 <sup>y</sup>	177.2	80	5.6	515	996.7	499.0	455.4	50.8	91.3
分散分析 (F検定の危険率)	0.003	0.003	0.716	0.026	0.049	0.012	0.016	0.005	0.290

<sup>z</sup> 圃場 B

<sup>y</sup> 圃場 A

### 5. 麦作の安定多収生産を実現する効率的な耕起・播種体系の作業時間、播種可能面積、減価償却費の試算

大規模麦作の安定多収を実現する効率的な耕起・播種体系（図4）は、以下のとおりと考えられた。耕起では①主に標準的な正転ロータリを使用する。排水不良圃場や麦の増反を凶る場合には②高速作業が可能で透排水性が高まるパラソイラーを導入して作業を行うことで、碎土・整地を省略でき、作業期間が短縮できる。播種は③排水の良い圃場では正転ロータリ播種機を使用し、④排水の悪い圃場では碎土性が優れる逆転ロータリ播種機を使用する。

これらの方式を組み合わせることにより、適期播種可能面積は、①+③の体系では20.6 ha、①+④の体系では19.6 ha、②+④の体系では31.0 haであり、慣行（耕起：正転ロータリ、播種：正転ロータリ播種機）の17.7 haに比べ最大で1.7倍になると考えられた（表10）。

新たな作業機の導入が必要となる体系が多く、取得

価格が170万円を超える体系もあるが、これらの作業機の導入により、慣行に比べ麦の増反が可能となるため、10 a当り減価償却費は5～14%低下することが示唆された（表10）。

### 6. 今後の課題

本研究では、岡山県南部の大規模麦作経営において規模拡大と安定多収が可能となる作業体系、運営手法を提示した。しかし、全ての経営体において、この体系の農業機械を同時に導入することは難しいため、導入すべき農業機械の優先順位を明らかにする必要があると考えられる。現在、これらの技術体系を当研究所内で実証研究しており、その結果を検証・分析することで、これらの課題を明らかにしていきたい。

### 摘要

本研究では、岡山県南部の大規模麦作経営体を対象に、麦作の作業体系、導入機械とその使用方法、優先する作業等を調査・分析し、岡山県南部の大規模麦作経営の管理手法を明らかにすることで、規模拡大と安

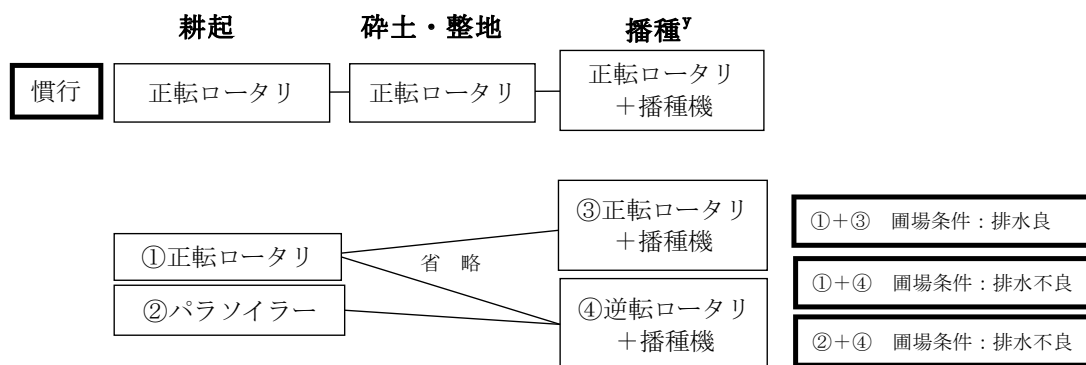


図4 大規模麦作の安定多収を実現する効率的な耕起・播種体系<sup>z</sup>

<sup>z</sup> 碎土・整地の省略と圃場の排水良否に応じた複数の耕起・播種方法により規模拡大と安定多収を可能にする麦作体系。なお、麦作前の稲わら処理、弾丸暗渠、酸度矯正、基肥施用、種子準備はこの体系から除いている

<sup>y</sup> 播種時はオペレーター1人、補助1人

表10 麦作体系の作業時間、播種可能面積、新たな作業機取得価格、減価償却費

体系	項目	作業時間 <sup>z</sup> (h/ha) ・対比	11/中～12/上の 播種可能面積 <sup>y</sup> (ha)・対比	新たな作業機 の取得価格 <sup>x</sup> (円/台)	減価償却費 <sup>x</sup> (円/10a) ・対比
	慣行 <sup>w</sup>	4.2+2.3+2.6=9.1 100%	17.7 100%	—	18,902 100%
	①正転ロータリ+	4.2+3.6=7.8	20.6	—	17,977
	③正転ロータリ播種機	86%	116%	—	95%
	①正転ロータリ+	4.2+4.0=8.2	19.6	929,500	18,284
	④逆転ロータリ播種機	90%	111%	—	97%
	②パラソイラー+	1.6+3.6=5.2	31.0	1,754,500	16,310
	④逆転ロータリ播種機	57%	175%	—	86%

<sup>z</sup>農業経営指導指標の標準作業能率基準表と機械速度より試算，なお，トラクターはセミクローラー型50ps，作業幅は1.8～2m，各作業時の速度は，耕起：正転ロータリ1.9 km/hr，パラソイラー5 km/hr，砕土・整地：正転ロータリ3 km/hr，播種：慣行の正転ロータリ播種3.5 km/hr，①+③の正転ロータリ播種2.5 km/hr，①+④の逆転ロータリ播種2 km/hr，②+④の逆転ロータリ播種2.5 km/hr

<sup>y</sup>作業適期（11/中～12/上）の作業可能日数は農業経営指導指標の地帯別の屋外作業可能率で23日と算出，これに1日当たり労働時間を10時間，実作業率を7割とすると圃場内の機械の実稼働は161時間となる．これを基に各作業体系の播種可能面積を試算

<sup>x</sup>ニプロ松山（株）の逆転ロータリ（APU181H-4S），パラソイラー（LPS400-K）の希望小売価格（2020年11月確認）に準じ，減価償却は取得価格を農業経営指導指標の資本装備に加え，増加可能な麦作の面積を前提の経営面積に加えて試算

<sup>w</sup>慣行は図3の作業体系

定多収を可能にする作業体系を策定した。

1. 岡山県の二条大麦における気象要素と収量の資料解析の結果，岡山県の二条大麦の単収は，気象要素として4月と11月の多降雨，4月の高温に影響されており，圃場の乾田化促進や排水対策強化の必要性が再認識された。
2. 大規模水田作経営体が麦作の安定多収生産を目指すためには，播種前の排水対策と，11月中下旬の適期播種が重要である．その手段として，水稲作期間中の中干しの強化や溝切りによる明渠施工が水稲作後の圃場の乾田化に有効である．加えて，麦作の排水対策では，本暗渠の施工や心土破碎の励行，適期に播種が可能な高速の耕起作業機の導入や砕土・整地の省略，圃場の排水良否に対応可能な作業機の導入が有効である。
3. 麦作の安定多収生産を実現する効率的な耕起・播種体系は，土壌を膨軟にする高速作業機（パラソイラー）による耕起と，砕土・整地の省略，圃場の排水良否に対応した2種類の播種方式（正転及び逆転ロータリ播種）を組み合わせることで，慣行体系に比べて最大で1.7倍の面積への適期播種が可能となる。

#### 引用文献

馬場孝秀・山口修・古庄雅彦（1998）ビール大麦の収

量および外観品質における品種×年次交互作用．日作紀，67: 510-515.

伊達寛敬・那須英夫・畑本求（1995）薬剤，晩播および抵抗性品種によるオオムギ縞萎縮病の防除．岡山農試研報，13: 17-24.

浜地勇次・吉田智彦（1989）暖地のビール大麦の収量と気象条件の關係の統計的解析．日作紀，58: 1-6.

池田利良・東駿二・川出武夫（1957）麦の生育諸時期における土壌過湿の影響．東海近畿農試研報・栽培部，4: 30-37.

片山勝之・川崎洋平・山崎諒・亀井雅浩（2018）山間地域水田転換畑のチゼルプラウ耕は排水性改善によりダイズの生育・収量を向上させた．日作紀，87: 312-318.

木村和義・田中丸重美（1999）岡山県における小麦・大麦の作況指数変動に対する気象要素の影響．岡大資生研報，6: 13-19.

桐山毅・田谷省三（1975）麦類の生育時期と湿害について．九州農業研究，37: 77-78.

気象庁（2020）各種データ・資料.

<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>（2020.10検索）

松江勇次・山口修・佐藤大和・馬場孝秀・田中浩平・



- 古庄雅彦・尾形武文・福島裕助（2000）1998年における北部九州の麦類不作の要因解析とその技術対策. 日作紀, 69: 102-109.
- ニプロ松山（株）（2020）製品情報.  
<https://www.niplo.co.jp/products/>（2020.11検索）
- 農林水産省（2015）食料・農業・農村基本計画. 農林水産省, pp. 18.
- 農林水産省（2020a）作物統計調査 作況調査（水陸稲, 麦類, 豆類, かんしょ, 飼料作物, 工芸農作物） 長期累年. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001034728>（2020.10検索）
- 農林水産省（2020b）作物統計調査 作況調査（水陸稲, 麦類, 豆類, かんしょ, 飼料作物, 工芸農作物） 確報. [https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou\\_kome/index.html#r](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/index.html#r)（2020.10検索）
- 大久保和男・井上智博・高橋幹子・水田有亮（2017）ビール大麦「スカイゴールデン」の播種時期に応じた収量・品質に最適な栽培方法. 岡山県農林水産総合センター農業研究所平成28年度試験研究主要成果, 9-10.
- 岡山県（2013）岡山の麦～売れる麦づくりを目指して～. 岡山県, 80-81.
- 岡山県農林水産部（2016）二条大麦. 平成27年度農業経営指導指標. 岡山県農林水産部, 岡山, pp.33-34,242-243.
- 岡山県良質麦生産振興推進協議会（2015）岡山県良質麦生産振興方針. 岡山, pp. 6.
- 小柳敦史・川口健太郎・村上敏文（2012）東北地方太平洋沖地震により茨城県稲敷市の水田で発生したオオムギの噴砂被害と湿害. 日作紀, 81: 212-218.
- スガノ農機（株）（2020）製品情報.  
[https://www.sugano-net.co.jp/products/catalog\\_2021/html5.html#page=1](https://www.sugano-net.co.jp/products/catalog_2021/html5.html#page=1)（2020.10検索）
- 高橋肇・山口武視・大室健治・西島豊造・前田耕作・花房美香（2020）田舎はいかが？～農業で支える田舎の魅力を売り込め～. 日作紀, 89: 54-61.
- 武田和義（1986）ストレス耐性資源作出におけるバイオテクノロジーと遺伝資源. 6. 作物の水分ストレス耐性.a.耐湿性の機構と遺伝資源. 農業技術, 41: 501-507.
- 竹上静夫（1953）麦の節間伸長期. 実験麦作の技術と増収法. 養賢堂. 東京, pp. 249.
- 渡辺健・小川奎・飯田幸彦・千葉恒夫・山崎郁子・上田康郎（1995）茨城県における麦類の土壤伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究－第2報被害と防除法－. 茨城農総七農研報, 2: 53-100.
- 山口昌宏・谷口義則・関和孝博・大塚勝・五月女敏範・小田俊介（2002）オオムギ縮萎病がビール大麦の収量及び麦芽品質に及ぼす影響. 栃木農試研報, 51: 1-8.
- 山本晴彦・岩谷潔・鈴木賢士・鈴木義則・平島隆祥・濱野貴志（1999）九州・山口地方における多雨・高温に伴う1998年産麦の被害実態. 日作紀, 68: 310-315.
- 山崎傳（1952）畑作物の湿害に関する土壌学的並に植物生理学的研究. 農技研報告B, 1: 1-92.
- 吉田美夫（1977）水田におけるムギの湿害の理論と実際. 農業技術, 32: 492-496.